



PCT/FR2004/050173

30 AVR. 2004

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

REC'D 09 JUL 2004	
WIPO	PCT

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 MARS 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

26bis, rue de Saint-Pétersbourg  
75800 Paris Cédex 08  
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: 29.04.2003 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: 0350136 DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: 75 DATE DE DÉPÔT: 29.04.2003	Jean LEHU BREVATOME 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS France
Vos références pour ce dossier: B14284.3CS DD2458	

<b>1 NATURE DE LA DEMANDE</b>			
Demande de brevet			
<b>2 TITRE DE L'INVENTION</b>			
		PROCÉDE DE RÉALISATION D'UN DISPOSITIF SEMI-CONDUCTEUR A METALLISATIONS AUTO-ALIGNÉES	
<b>3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE</b>		Pays ou organisation	Date N°
<b>4-1 DEMANDEUR</b>			
Nom	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE		
Rue	31-33, rue de la Fédération		
Code postal et ville	75752 PARIS 15ème		
Pays	France		
Nationalité	France		
Forme juridique	Etablissement Public de Caractère Scientifique, technique et Ind		
<b>5A MANDATAIRE</b>			
Nom	LEHU		
Prénom	Jean		
Qualité	Liste spéciale: 422-5 S/002, Pouvoir général: 7068		
Cabinet ou Société	BREVATOME		
Rue	3, rue du Docteur Lancereaux		
Code postal et ville	75008 PARIS		
N° de téléphone	01 53 83 94 00		
N° de télécopie	01 45 63 83 33		
Courrier électronique	brevets.patents@brevalex.com		
<b>6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS</b>		Fichier électronique	Pages
Texte du brevet		textebrevet.pdf	29
Dessins		dessins.pdf	6
Désignation d'inventeurs		D 22, R 6, AB 1	
Pouvoir général		page 6, figures 18, Abrégé: page 6, Fig.10	

<b>7 MODE DE PAIEMENT</b>				
Mode de paiement		Prélèvement du compte courant		
Numéro du compte client		024		
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>				
Etablissement immédiat				
<b>9 REDEVANCES JOINTES</b>	Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt	EURO	0.00	1.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)	EURO	320.00	1.00	320.00
068 Revendication à partir de la 11ème	EURO	15.00	15.00	225.00
Total à acquitter	EURO			545.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Brevatome, J.Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)

# PROCEDE DE REALISATION D'UN DISPOSITIF SEMI-CONDUCTEUR A METALLISATIONS AUTO-ALIGNEES

## DESCRIPTION

### 5    DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention est relative à un dispositif semi-conducteur à métallisations auto-alignées placées sur une même face d'un substrat semi-conducteur et au procédé pour sa fabrication. Un tel  
10    dispositif peut être, par exemple, une cellule solaire possédant des jeux de métallisations en peigne imbriqués, et le procédé convient particulièrement à la réalisation de cellules solaires sur silicium monocristallin en couche mince. Le procédé peut  
15    s'appliquer bien entendu à d'autres dispositifs semi-conducteurs possédant des métallisations imbriquées notamment en peigne.

### ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

20    Une description d'un procédé de réalisation de cellules solaires est donnée par exemple dans le brevet US-A-6 426 235. Dans ce document les cellules solaires ont deux jeux de métallisations en peigne inter-digités en face arrière et c'est la face avant  
25    qui est éclairée. On peut se référer à la figure 1A qui montre un exemple de cellule solaire conforme à celle décrite dans ce document. Sur cette figure la référence 1 représente un substrat en matériau semi-conducteur d'un premier type de conductivité, par exemple de type  
30    p, comportant en surface une couche 3 dopée d'un second

type de conductivité (de type  $n^+$ ). Le substrat 1, par exemple en silicium, va servir d'anode tandis que la couche 3 va servir de cathode. La couche 3 est partiellement ôtée à certains endroits pour mettre à nu le substrat 1. Au moins une couche 4 d'oxyde est ensuite déposée sur la couche 3 et le substrat 1 mis à nu et des ouvertures sont pratiquées dans cette couche d'oxyde 4 pour atteindre, d'une part le substrat 1 et d'autre part la couche 3, afin de pouvoir délimiter des régions semi-conductrices ayant des types de conductivités opposés, correspondant à l'anode et à la cathode, devant être connectées respectivement à un premier jeu de métallisations 5 en peigne et à un second jeu de métallisations 6 en peigne. Ces deux jeux de métallisations en peigne 5, 6 sont inter-digités. Dans l'exemple, le premier jeu de métallisations 5 en peigne correspond à l'anode de la cellule et le second jeu de métallisations en peigne 6 correspond à la cathode de la cellule.

Les deux jeux de métallisations 5, 6 en peigne s'étendent au-dessus de la couche diélectrique 4 mais bien sûr ne doivent pas venir en contact l'un avec l'autre ce qui créerait un court-circuit. Or, il est très difficile de bien positionner entre eux les jeux de métallisations 5, 6 en peigne. La réalisation de ces métallisations en peigne se fait généralement par sérigraphie. Il est nécessaire de limiter au minimum la distance séparant deux métallisations successives appartenant à des jeux différents pour que la plus grande surface possible soit pourvue de métallisations, en effet ces métallisations ont également un rôle de

réflecteur de lumière puisqu'elles sont placées sur la face arrière de la cellule. Cette distance est typiquement comprise entre environ une dizaine voire une centaine de micromètres pour obtenir des cellules solaires performantes. Avec de telles distances, le risque de court-circuit entre les deux jeux de métallisations en peigne est grand.

Une étape finale consiste à fixer un support isolant électrique au-dessus des jeux de métallisations en peigne de manière à pouvoir séparer un film mince du substrat, si on a prévu au préalable dans le substrat une couche fragilisée. La fixation par collage n'est pas aisée puisque la surface devant recevoir le support comporte un certain nombre de reliefs dus aux jeux de métallisations et l'épaisseur de colle n'est pas uniforme.

Dans la demande de brevet EP-A-0 776 051, il est décrit également une cellule solaire ayant deux jeux de métallisations en peigne inter-digités placés sur la face arrière de la cellule. La figure 1B montre de manière schématique une telle cellule solaire. Dans un substrat semi-conducteur 10 recouvert d'une couche superficielle 11 d'un premier type de conductivité (de type  $n^+$ ), on dépose un premier jeu de métallisations 12 en peigne par exemple en aluminium. Sur la coupe de la figure 1B, on ne voit qu'une succession de dents du peigne. Ce jeu de métallisations 12 en peigne est soumis à un traitement thermique approprié de manière à ce qu'il diffuse dans le substrat à travers la couche du premier type de conductivité pour former un motif 13 correspondant d'un second type de conductivité (de type

p+), le motif 13 comporte des dents espacées les unes des autres par des régions 14 de la couche 11 du premier type de conductivité. Une couche d'oxyde 15 est déposée en surface, elle recouvre le premier jeu de métallisations 12 en peigne et les régions 14 de la couche 11 du premier type de conductivité. La couche d'oxyde 15 est ôtée localement pour mettre à nu les régions 14. Une couche conductrice 16 est déposée en surface. Cette couche 16 surmonte la couche d'oxyde 15 sur les bandes conductrices 12 et les régions 14 de la couche 11 du premier type de conductivité. Cette couche conductrice 16 contribue à former un second jeu de métallisations qui coopère avec les zones 14 du premier type de conductivité. Par rapport à la structure de la figure 1A, les deux jeux de métallisations 12, 16 en peigne sont isolés électriquement l'un de l'autre par la couche diélectrique 15. L'inconvénient de ce type de cellule solaire est que des risques de court-circuit existent entre les régions 14 du premier type de conductivité et le motif 13 du second type de conductivité car ils sont accolés.

#### EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a justement comme but de proposer un dispositif semi-conducteur qui ne présente pas les inconvénients mentionnés ci-dessus, à savoir ces risques de court-circuit entre les deux jeux de métallisations et entre les régions de conductivité de types opposés.

Pour atteindre ces buts l'invention concerne plus précisément un dispositif semi-conducteur

présentant sur une même face d'un substrat semi-conducteur, une première zone de métallisation avec des métallisations définissant au moins un espace et une seconde zone de métallisation, la première zone de métallisation étant connectée avec une région dopée d'un premier type de conductivité, la seconde zone de métallisation étant connectée avec une région dopée d'un second type de conductivité opposé au premier type, la connexion de la seconde zone de métallisation avec la région dopée du second type de conductivité se faisant dans l'espace défini par la première zone de métallisation, ce dispositif semi-conducteur est exempt problèmes de court-circuit entre la région dopée du premier type de conductivité et la région dopée du second type de conductivité même lorsqu'une métallisation de la première zone de métallisation et une métallisation de la seconde zone de métallisation sont très proches l'une de l'autre.

En effet, la région dopée du premier type de conductivité et la région dopée du second type de conductivité sont séparées latéralement par une portion non dopée du substrat semi-conducteur.

Dans le document EP-A-0 776051 ces régions dopées de types opposés étaient accolées.

La première zone de métallisation et la seconde zone de métallisation peuvent être empilées et séparées par du diélectrique, ainsi elles sont facilement auto-alignées. Il n'y a ainsi pas de risque de court-circuit entre la première et la seconde zone de métallisation.



Dans l'empilement, le diélectrique et la zone de métallisation la plus éloignée du substrat peuvent laisser apparaître une partie de la zone de métallisation la moins éloignée du substrat.

5                    La zone de métallisation la moins éloignée du substrat peut être configurée en peigne avec des doigts et une plage de métallisation reliant les doigts, le diélectrique et la zone de métallisation la plus éloignée du substrat laissant apparaître au moins  
10                    partiellement la plage de métallisation.

                  Notamment lorsque le substrat semi-conducteur est en couche mince, la zone de métallisation la plus éloignée du substrat peut comporter une face libre sensiblement plane fixée sur  
15                    un support isolant électrique.

                  L'une des zones de métallisation peut être réalisée à partir de métal noble tel que l'or ou l'argent.

                  L'autre zone de métallisation peut être  
20                    réalisée à base d'aluminium ou d'un alliage aluminium argent.

                  L'autre face du substrat peut être recouverte d'une couche de protection électriquement isolante, notamment lorsque le substrat est en couche  
25                    mince.

                  Le substrat peut être du silicium monocristallin.

                  Un tel dispositif peut être avantageusement une cellule solaire.

Plusieurs cellules solaires peuvent être regroupées pour former un module, ces cellules étant montées en série et/ou en parallèle.

La présente invention concerne également un  
5 procédé de réalisation d'un dispositif semi-conducteur comportant les étapes suivantes :

- dépôt sur une face principale d'un substrat semi-conducteur d'une couche dopée d'un premier type de conductivité,
- 10 - gravure dans la couche dopée du premier type de conductivité d'au moins une fenêtre mettant à nu le substrat et délimitant une région dopée du premier type de conductivité,
- dépôt d'une première zone de  
15 métallisation sur la région dopée du premier type de conductivité,
- dépôt d'une couche diélectrique sur au moins la fenêtre et la première zone de métallisation,
- gravure d'au moins une première ouverture  
20 dans la couche diélectrique au niveau de la fenêtre mettant à nu le substrat, destinée à accueillir une région dopée d'un second type de conductivité tout en aménageant latéralement une portion non dopée de substrat entre la région dopée du second type de  
25 conductivité et la région dopée du premier type de conductivité,
- dopage du substrat conduisant à la région dopée du second type de conductivité,
- dépôt d'une seconde zone de métallisation  
30 recouvrant la couche diélectrique et venant en contact avec la région dopée du second type de conductivité.

Au moins une gravure peut être une gravure laser, ce qui permet d'obtenir une gravure fine.

La région dopée du premier type de conductivité et la région dopée du second type de conductivité peuvent être imbriquées l'une dans l'autre..

La première ouverture est plus petite en superficie que la fenêtre, ce qui permet d'aménager la portion non dopée du substrat.

Le dépôt de la première zone de métallisation sur la région dopée du premier type de conductivité peut se faire avant ou après l'étape de gravure de la fenêtre.

Il est préférable que la gravure de la couche dopée du premier type de conductivité attaque le substrat semi-conducteur pour éviter tout court circuit entre les régions dopées. L'étape de dépôt d'une seconde zone de métallisation peut précéder celle de dopage du substrat conduisant à la région dopée du second type de conductivité, le matériau de la seconde zone de métallisation étant recuit de manière à diffuser dans le substrat au niveau de la première ouverture.

Le substrat peut être formé d'un empilement avec une couche fragilisée et une couche mince, la couche fragilisée étant en profondeur, la face principale du substrat sur laquelle la couche dopée du premier type de conductivité est déposée, étant une face de la couche mince.

Le procédé peut comporter une étape de fixation de la seconde zone de métallisation sur un support isolant électrique.

5 Cette étape peut être suivie d'une étape de dissociation de la couche mince du substrat au niveau de la couche fragilisée.

Le procédé peut comporter une étape de protection de la couche mince du côté où elle a été dissociée.

10 L'étape de gravure de la première ouverture peut inclure la gravure d'une seconde ouverture au niveau de la première zone de métallisation mettant à nu une plage de métallisation dont est dotée la première zone de métallisation.

15 L'étape de dépôt de la seconde zone de métallisation épargne la seconde ouverture.

#### **BREVE DESCRIPTION DES DESSINS**

20 La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

25 Les figures 1A, 1B (déjà décrites) montrent en coupe des cellules solaires de l'art antérieur ;

La figure 2A montre en coupe un dispositif de l'invention et la figure 2B un module de cellules solaires selon l'invention ;

30 Les figures 3, 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 6B, 7A, 7B, 8A, 8B, 9A, 9B, 10 illustrent différentes étapes

d'un procédé selon l'invention pour la réalisation d'un dispositif semi-conducteur selon l'invention.

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à  
5 faciliter le passage d'une figure à l'autre.

Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus  
10 lisibles.

#### EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On va maintenant se référer à la figure 2A qui montre en coupe un dispositif semi-conducteur selon  
15 l'invention. Dans cet exemple il s'agit d'une cellule solaire, mais il pourrait s'agir d'un autre dispositif semi-conducteur. Cette cellule solaire comporte un substrat semi-conducteur 20 que l'on suppose dans cet exemple épais. Ce substrat semi-conducteur 20 peut être  
20 par exemple en silicium. Dans une variante que l'on décrira par la suite aux figures 3 à 10, le substrat semi-conducteur est mince.

Le substrat semi-conducteur 20 comporte, au niveau d'une première face principale 20.1 qui dans cet  
25 exemple est du côté de la face arrière de la cellule solaire, une région dopée 21 d'un premier type de conductivité. On suppose que cette région dopée 21 est de type n+.

Cette région dopée 21 du premier type de  
30 conductivité est connectée à une première zone 22 de métallisation, cette première zone 22 de métallisation

est la plus proche du substrat semi-conducteur. Dans l'exemple, la première zone 22 de métallisation est digitiforme avec un seul doigt se terminant par une plage de métallisation 29. La plage de métallisation 29 n'est visible que sur la figure 2B, à laquelle on se réfère également, et qui représente un module de cellules solaires conformes à celle de la figure 2A.

La première zone 22 de métallisation pourrait être dotée de plusieurs doigts reliés ensemble par une plage de métallisation et ainsi prendre la forme d'un peigne comme on le verra par la suite.

La première zone 22 de métallisation ne recouvre que partiellement la région dopée 21 du premier type de conductivité, une partie 24 est épargnée. Une couche diélectrique 23 recouvre à la fois la première zone 22 de métallisation, la partie 24 ainsi que la région 25 du substrat 20 se trouvant de part et d'autre de la région dopée 21 du premier type de conductivité. La couche diélectrique 23 possède des premières ouvertures 26 fines de part et d'autre de la région dopée 21 du premier type de conductivité. Ces ouvertures 26 délimitent sensiblement une région dopée 27 ayant un second type de conductivité opposé au premier type (dans l'exemple de type p<sup>+</sup>). Cette région dopée 27 du second type de conductivité est disjointe de la région dopée 21 du premier type de conductivité. Cela signifie qu'entre les deux régions dopées ayant des types de conductivité opposés, il subsiste latéralement une portion 25.1 non dopée du substrat 20 recouverte de la couche diélectrique 23. Cette portion 25.1 non dopée a un rôle de barrière entre les deux

régions dopées 21, 27 ayant des types de conductivités opposés.

Cela n'était pas le cas dans la demande de brevet européen citée plus haut dans laquelle une  
5 région dopée du premier type de conductivité et une région dopée du second type de conductivité étaient toujours jointives latéralement, c'est à dire accolées.

La couche diélectrique 23 comporte également une seconde ouverture 30 qui laisse  
10 apparaître totalement ou partiellement la plage de métallisation 29 de la première zone 22 de métallisation comme le montre la figure 2B.

La couche diélectrique 23 ainsi que les premières ouvertures 26 à l'exception de la seconde  
15 ouverture 30 sont recouvertes d'une couche 28 électriquement conductrice qui forme une seconde zone 28 de métallisation connectée à la région dopée 27 du second type de conductivité, au niveau des premières ouvertures 26. Cette seconde zone 28 de métallisation  
20 présente des métallisations espacées les unes des autres et forme un contact ohmique avec la région dopée 27. La seconde zone 28 de métallisation est la plus éloignée du substrat semi-conducteur 20. Ainsi dans le dispositif semi-conducteur selon l'invention, le risque  
25 de court-circuit entre une région dopée 21 du premier type de conductivité et une région dopée 27 du second type de conductivité est éliminé même si les lieux de connexion d'une région dopée d'un type de conductivité avec sa zone de métallisation et ceux de l'autre région  
30 dopée avec sa zone de métallisation sont très proches les uns des autres.

La couche électriquement conductrice 28 aura avantageusement une face libre sensiblement plane, elle comble ainsi les différences de reliefs dues notamment à l'empilement de la région dopée 21 du premier type de conductivité, de la première zone 22 de  
5 métallisation et de la couche diélectrique 23 sur le substrat 20. Cette planéité est intéressante également pour l'encapsulation en module des substrats massifs. Dans le cas d'une cellule solaire, la seconde face  
10 principale 20.2 du substrat semi-conducteur 20 peut être recouverte d'une couche 31 d'isolant électrique de protection, par exemple en nitrure de silicium, cette couche 31 étant transparente pour l'éclairement reçu puisqu'elle se trouve sur la face avant de la cellule  
15 solaire. La flèche matérialise l'éclairement que reçoit la cellule solaire. Cette couche 31 a également un rôle de passivation de surface du substrat 20 et de couche antiréfléctive pour permettre à une quantité maximale de lumière de pénétrer dans le substrat.

20 Sur la figure 2B, on voit que la seconde zone 28 de métallisation laisse apparaître la plage de métallisation 29 mise à nu par la seconde ouverture 30.

On peut ainsi regrouper, par une fabrication par lots, sur un même substrat 20, en un  
25 module 36, plusieurs de ces cellules solaires 35 dans un montage série et/ou parallèle. Ce module 36 comporte neuf cellules 35 montées en trois groupes 36.1, 36.2, 36.3 de trois cellules en série disposées selon des lignes, les trois groupes série 36.1, 36.2, 36.3 étant  
30 montés en parallèle.



On vient de décrire une configuration dans laquelle la région dopée 27 du second type de conductivité s'étendait de part et d'autre de la région dopée 21 du premier type de conductivité. On peut  
5 envisager que l'inverse soit possible comme on va le montrer par la suite. De manière plus générale, la région dopée du premier type de conductivité et la région dopée du second type de conductivité sont imbriquées l'une dans l'autre, tout en restant séparées  
10 latéralement l'une de l'autre par la portion non dopée 25.1 du substrat. Les métallisations de la seconde zone 28 de métallisation définissent au moins un espace 37 (dans lequel s'étend la région dopée 21 du premier type de conductivité) et la connexion de la première zone 22  
15 de métallisation avec la région dopée 21 avec laquelle elle coopère se fait dans l'espace 37.

On va maintenant s'intéresser à un procédé de réalisation d'un dispositif semi-conducteur conforme à l'invention. On suppose que le dispositif semi-  
20 conducteur ainsi réalisé est une cellule solaire en silicium monocristallin en couche mince. On se réfère aux figures 3 à 10.

On part d'un substrat 40 semi-conducteur par exemple à base silicium monocristallin présentant  
25 à une profondeur donnée une couche fragilisée 41 de manière à permettre ultérieurement le détachement d'une couche mince 43, se trouvant d'un côté de la couche fragilisée 41, du reste du substrat 40. Cette couche fragilisée 41 peut par exemple être formée à la surface  
30 d'un substrat de base 42 de silicium monocristallin massif par un traitement d'anodisation, ou par

implantation ionique d'espèces gazeuses par exemple d'hydrogène dans le substrat de base 42 ou par tout autre procédé de fragilisation.

La couche mince 43 qui se trouve au-dessus  
5 de la couche fragilisée 41 peut être formée en totalité ou en partie par épitaxie. On effectue en surface une croissance épitaxiale de silicium pour obtenir une épaisseur de quelques dizaines de micromètres au-dessus de la couche fragilisée 41 (figure 3). L'épitaxie peut  
10 être une épitaxie en phase gazeuse ou en phase liquide par exemple.

On aurait toutefois pu se passer d'épitaxie pour réaliser la couche mince 43 si l'implantation ionique est suffisamment profonde.

15 On va ensuite réaliser une couche dopée 44 d'un premier type de conductivité en surface 40.2. Le dopage est par exemple un dopage de type  $n^+$  au phosphore. Cette couche dopée 44 peut être réalisée par diffusion d'atomes de phosphore ou implantation d'ions  
20 phosphore dans le substrat 40 (en fait dans la couche mince 43 du substrat 40) ou par ajout d'un dopant approprié (par exemple de la phosphine  $PH_3$ ) en fin de croissance épitaxiale de la couche épitaxiée formant la couche mince. Cette couche dopée 44 est représentée sur  
25 les figures 4A, 4B.

On réalise au moins une fenêtre 45 dans la couche dopée 44 afin de mettre à nu le substrat 40 qui se trouve dessous. Par la suite, on a employé le terme substrat mais il s'agit de la couche mince du substrat  
30 s'il y a une couche mince. La fenêtre 45 est visible sur les figures 5A, 5B.

Cette étape peut être réalisée par gravure laser, par masquage puis gravure sèche ou humide ou par toute autre méthode de gravure. La gravure laser est une méthode précise et rapide, ce qui est avantageux.

5 Cela fait baisser le coût de fabrication du dispositif selon l'invention. Le motif de la fenêtre 45 est tel qu'il va contribuer à délimiter la région dopée 44.1 du premier type de conductivité et à loger la future région dopée du second type de conductivité, en

10 incluant latéralement, la portion 40.1 non dopée de substrat 40 séparant la région dopée 44.1 du premier type de conductivité de la future région dopée du second type de conductivité. Dans l'exemple décrit la fenêtre 45 est en forme de T mais ce n'est qu'un

15 exemple en aucun cas limitatif, la fenêtre 45 pourrait bien sûr comporter plusieurs doigts au lieu d'un seul.

De préférence, l'épaisseur gravée pour faire la fenêtre 45 est supérieure à celle de la couche dopée 44. La gravure attaque le substrat 40. La raison

20 en est qu'ainsi on diminue encore plus le risque court-circuit entre la région dopée 44.1 du premier type de conductivité et la future région dopée du second type de conductivité.

Une première zone de métallisation 46 est

25 connectée à la région dopée 44.1 du premier type de conductivité. La réalisation de cette première zone de métallisation 46 (ou métallisation anodique) est une étape de métallisation par exemple par sérigraphie, évaporation, pulvérisation ou impression par jet

30 d'encre. La métallisation peut être à base d'un métal noble tel l'argent ou l'or. La première zone 46 de

métallisation comporte des métallisations 46.2 espacées les unes des autres qui peuvent prendre par exemple la forme de doigts 46.2. Ces doigts 46.2 sont reliés à une extrémité à la manière d'un peigne de manière à  
5 comporter une plage de métallisation 46.1. Dans l'exemple décrit, cette étape de métallisation a lieu après l'étape de gravure de la fenêtre 45. La première zone 46 de métallisation est visible sur les figures 6A, 6B. Il est bien entendu que cette étape pourrait  
10 avoir lieu après l'étape d'ouverture de la fenêtre 45. La première zone 46 de métallisation peut ne recouvrir que partiellement la région dopée 44.1 du premier type de conductivité comme sur les figures 6A, 6B ou au contraire la recouvrir entièrement.

15 L'étape suivante est une étape de dépôt d'une couche diélectrique 47 sur la structure obtenue, elle recouvre directement la première zone 46 de métallisation, éventuellement la région dopée 44.1 du premier type de conductivité et le substrat 40 mis à nu  
20 par la fenêtre 45. La couche diélectrique 47 est visible sur les figures 7A, 7B. La couche diélectrique 47 va servir à isoler la première zone 46 de métallisation de la future seconde zone de métallisation réalisée ultérieurement. Le matériau  
25 diélectrique peut être par exemple un oxyde de silicium ou un nitrure de silicium. Il peut être déposé par exemple par une technique de dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (connu sous la dénomination anglo-saxonne PECVD pour Plasma Enhanced Chemical Vapor  
30 Deposition) ou tout autre technique appropriée.

L'étape suivante est une étape de gravure de la couche diélectrique 47 pour mettre à nu le substrat 40 au niveau de la fenêtre 45. On réalise par cette étape une première ouverture 48 de superficie plus petite que celle de la fenêtre 45 (figures 8A, 8B). Le contour de cette première ouverture 48 correspond à celui voulu pour la future région dopée de second type de conductivité qui va être réalisée par la suite. Autour de cette ouverture se trouve la portion 40.1 non dopée de substrat 40 qui sert latéralement de barrière entre la région dopée 44.1 de premier type de conductivité et la future région dopée de second type de conductivité. Cette portion 40.1 non dopée de substrat 40 peut avoir une largeur d'environ 10 micromètres. Cette étape de gravure est avantageusement réalisée par laser lorsque la première ouverture 48 est très fine. On peut facilement atteindre des largeurs d'ouverture de l'ordre de quelques dizaines de micromètres. D'autres méthodes de gravure telles que celles citées plus haut pour réaliser la fenêtre peuvent être employées, si elles sont compatibles avec la finesse de l'ouverture désirée.

L'étape de gravure peut également réaliser une seconde ouverture 49 dans la couche diélectrique 47 au niveau de la première zone 46 de métallisation pour mettre à nu la plage de métallisation 46.1 (figures 8A, 8B). Cette mise à nu peut être partielle ou totale.

Il faut ensuite réaliser la zone dopée 50 du second type de conductivité et la seconde zone 51 de métallisation devant être connectée avec elle. Il est possible de réaliser ces deux éléments en même temps en

déposant au-dessus de la couche de diélectrique 47, dans la première ouverture 48, mais pas dans la seconde ouverture 49 (si elle existe), un dépôt métallique 51 par exemple à base d'aluminium ou d'un alliage aluminium argent par sérigraphie, pulvérisation ou toutes autres techniques de métallisation. Ce dépôt est suivi d'un recuit thermique à des températures de l'ordre de 400°C à 800°C. Ce recuit thermique permet aux atomes métalliques de diffuser dans le substrat 40, cette diffusion conduisant au dopage du second type de conductivité de la partie mise à nu par la première l'ouverture 48. On a ainsi formé la zone dopée 50 du second type de conductivité. Il s'agit dans cet exemple d'un dopage de type p<sup>+</sup>. Cette zone dopée 50 est également appelée champ de surface arrière.

La couche métallique 51 forme la seconde zone 51 de métallisation (ou métallisation cathodique) qui coopère avec la région dopée 50 du second type de conductivité (figures 9A, 9B). Ainsi la seconde zone 51 de métallisation est auto-alignée avec la première zone 46 de métallisation sans pour autant à avoir à utiliser un masque complexe de lithographie. La seconde zone 51 de métallisation est parfaitement isolée électriquement de la première zone 46 de métallisation par la couche diélectrique 47.

Au lieu de réaliser la région dopée 50 ayant le second type de conductivité avec le matériau de la seconde zone de métallisation en tant que dopant, il est possible dans une première étape de réaliser un dopage du substrat 40 au niveau de la première ouverture 48 par diffusion ou implantation ionique avec

un matériau approprié. Dans l'exemple ce matériau, qui peut être du bore, conduit à un dopage de type p+. Ultérieurement on réalise la métallisation conduisant à la seconde zone 51 de métallisation.

5                    Toutes les étapes qui viennent d'être décrites peuvent être utilisées pour réaliser un dispositif semi-conducteur similaire à celui décrit aux figures 2A, 2B sur substrat épais. Ainsi dans les deux exemples présentés, une des zones de métallisation au  
10 moins comporte des contacts séparés par au moins un espace (référéncé 55 sur les figures 6A, 6B). Ces contacts se trouvent au niveau de la région dopée avec laquelle la zone de métallisation coopère. La connexion de l'autre zone de métallisation avec la région dopée  
15 correspondante se fait dans l'espace 55.

                  On rapporte ensuite, par exemple par collage, un support 52 isolant électrique et bas coût par exemple en verre, matière plastique supportant les températures relativement élevées (de l'ordre de 350°C  
20 par exemple) pour être compatible avec les étapes technologiques ultérieures, céramique ou autre, sur la seconde zone 51 de métallisation (figure 10). La colle est référencée 53. La distribution de colle 53 peut se faire par sérigraphie pleine plaque de manière aisée.  
25 L'épaisseur de colle 53 est sensiblement constante si la surface libre de la seconde zone 51 de métallisation est sensiblement plane. Le collage est beaucoup plus facile que s'il devait se faire sur une face avec des reliefs comme cela se passe dans le brevet américain  
30 US-A-6 426 235 cité au début. Il fallait alors remplir

soigneusement de colle les zones entre les métallisations.

On peut alors séparer la couche mince 43 du substrat de base 42 au niveau de la couche fragilisée 41 (figure 10) grâce à un traitement thermique et/ou l'application de forces mécaniques par exemple.

On peut prévoir une couche de protection 54 sur la face de la couche mince 43 au niveau de la séparation (figure 10). On peut par exemple déposer une couche de diélectrique par exemple de l'oxyde de silicium ou du nitrure silicium, déposé par exemple à 350°C. Il faut que cette couche qui joue un rôle de couche antiréfléctive, de passivation et de protection soit transparente à l'éclairement auquel le dispositif va être exposé si le dispositif décrit est une cellule solaire.

Un intérêt de la métallisation formant la seconde zone 51 de métallisation est d'une part qu'elle recouvre pratiquement toute la face traitée du substrat 40 et d'autre part qu'elle est réfléchissante de la lumière ayant pénétré dans le substrat 40 sans être absorbée. Elle permet un très bon confinement optique et un rendement de conversion amélioré par rapport aux cellules n'ayant pas cet élément réfléchissant. Cet avantage se fait particulièrement sentir dans les cellules ayant un substrat de faible épaisseur, inférieur à environ 50 micromètres, de type cellule en couche mince de silicium monocristallin puisque de la lumière peut traverser toute l'épaisseur sans être absorbée.



Un autre avantage de cette métallisation est qu'elle peut être réalisée sans alignement fin. On peut ainsi s'affranchir des problèmes d'alignement de masques inhérents aux métallisations imbriquées ou inter-digitées. Il suffit d'épargner la plage de métallisation 46.1 de la première zone 46 de métallisation réalisée.

Un tel procédé peut aussi bien être utilisé pour réaliser des cellules solaires très haut rendement avec des étapes de lithographie que des cellules solaires bas coût réalisées dans un contexte industriel avec sérigraphie et utilisation de gravure laser.

Bien que plusieurs modes de réalisation de la présente invention aient été représentés et décrits de façon détaillée, on comprendra que différents changements et modifications puissent être apportés sans sortir du cadre de l'invention. Dans les exemples décrits, le premier type de conductivité est de type  $n^+$  et le second de type  $p^+$ . Il est bien sûr possible que ce soit l'inverse, l'homme du métier n'ayant aucun problème pour choisir des matériaux appropriés conduisant à ces conductivités. Plusieurs dispositifs semi-conducteurs conformes à l'invention peuvent être réalisés en même temps sur le substrat, les dispositifs unitaires peuvent ensuite être dissociés ou bien être reliés électriquement pour obtenir un module conforme à celui de la figure 2B.

# REVENDICATIONS

1. Dispositif semi-conducteur présentant sur une même face (40.2) d'un substrat semi-conducteur (40), une première zone (46) de métallisation avec des  
 5 métallisations définissant au moins un espace (55) et une seconde zone (51) de métallisation, la première zone (46) de métallisation étant connectée avec une région dopée (44.1) d'un premier type de conductivité, la seconde zone (51) de métallisation étant connectée  
 10 avec une région dopée (50) d'un second type de conductivité opposé au premier type, la connexion de la seconde zone (51) de métallisation avec la région dopée (50) du second type de conductivité se faisant dans l'espace (55) défini par la première zone (46) de  
 15 métallisation, caractérisé en ce que la région dopée (44.1) du premier type de conductivité et la région dopée (50) du second type de conductivité sont séparées latéralement par une portion non dopée (40.1) du substrat semi-conducteur.

20

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première zone (46) de métallisation et la seconde zone (51) de métallisation sont empilées sur le substrat (40) et séparées par du  
 25 diélectrique (47).

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que, dans l'empilement, le diélectrique (47) et la zone (51) de métallisation la  
 30 plus éloignée du substrat (40) laissent apparaître une

partie (46.1) de la zone (46) de métallisation la moins éloignée du substrat (40).

4. Dispositif selon la revendication 3,  
5 caractérisé en ce que la zone (46) de métallisation la moins éloignée du substrat est configurée en peigne avec des doigts (46.2) et une plage de métallisation (46.1) reliant les doigts, le diélectrique (47) et la zone (51) de métallisation la plus éloignée du substrat  
10 laissant apparaître au moins partiellement la plage de métallisation (46.1).

5. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que la zone  
15 (51) de métallisation la plus éloignée du substrat comporte une face libre sensiblement plane fixée sur un support (52) isolant électrique.

6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'une (46)  
20 des zones de métallisation est réalisée à partir de métal noble.

7. Dispositif selon la revendication 6,  
25 caractérisé en ce que l'autre (51) zone de métallisation est réalisée à base d'aluminium ou d'un alliage aluminium/argent.

8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'autre  
30 face (40.3) du substrat (40) est recouverte d'une

couche antiréfléctive de protection et de passivation (54) électriquement isolante.

9. Dispositif selon l'une des  
5 revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le substrat est un substrat en couche mince.

10. Dispositif selon l'une des  
10 revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le substrat est en silicium monocristallin.

11. Dispositif selon l'une des  
15 revendications 1 à 10, caractérisé en ce que c'est une cellule solaire (35).

12. Module de cellules solaires,  
20 caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs cellules solaires (35) selon la revendication 11, connectées en série et/ou en parallèle.

13. Procédé de réalisation d'un dispositif  
semi-conducteur comportant les étapes suivantes :

dépôt sur une face principale (40.2) d'un  
substrat (40) semi-conducteur d'une couche dopée (44)  
25 d'un premier type de conductivité,

gravure dans la couche dopée (44) du  
premier type de conductivité d'au moins une fenêtre  
(45) mettant à nu le substrat (40) et délimitant une  
région dopée (44.1) du premier type de conductivité,

dépôt d'une première zone (46) de métallisation sur la région dopée (44.1) du premier type de conductivité,

dépôt d'une couche diélectrique (47) sur au moins la fenêtre (45) et la première zone (46) de métallisation,

gravure d'au moins une première ouverture (48) dans la couche diélectrique (47) au niveau de la fenêtre (45) mettant à nu le substrat (40), destinée à accueillir une région dopée (50) d'un second type de conductivité tout en aménageant latéralement une portion non dopée (40.1) du substrat semi-conducteur entre la région dopée (50) du second type de conductivité et la région dopée (44.1) du premier type de conductivité,

dopage du substrat (40) conduisant à la région dopée (50) du second type de conductivité,

dépôt d'une seconde zone (50) de métallisation recouvrant la couche diélectrique (47) et venant en contact avec la région dopée (50) du second type de conductivité.

14. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'au moins une gravure est une gravure laser.

15. Procédé selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisé en ce que la région dopée (44.1) du premier type de conductivité et la région dopée (50) du second type de conductivité sont imbriquées l'une dans l'autre.

dépôt d'une première zone (46) de métallisation sur la région dopée (44.1) du premier type de conductivité,

dépôt d'une couche diélectrique (47) sur au moins la fenêtre (45) et la première zone (46) de métallisation,

gravure d'au moins une première ouverture (48) dans la couche diélectrique (47) au niveau de la fenêtre (45) mettant à nu le substrat (40), destinée à accueillir une région dopée (50) d'un second type de conductivité tout en aménageant latéralement une portion non dopée (40.1) du substrat semi-conducteur entre la région dopée (50) du second type de conductivité et la région dopée (44.1) du premier type de conductivité,

dopage du substrat (40) conduisant à la région dopée (50) du second type de conductivité,

dépôt d'une seconde zone (50) de métallisation recouvrant la couche diélectrique (47) et venant en contact avec la région dopée (50) du second type de conductivité.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'au moins une gravure est une gravure laser.

15. Procédé selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisé en ce que la région dopée (44.1) du premier type de conductivité et la région dopée (50) du second type de conductivité sont imbriquées l'une dans l'autre.

16. Procédé selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisé en ce que la première ouverture (48) est plus petite en superficie que la fenêtre (45).

5

17. Procédé selon l'une des revendications 13 à 16, caractérisé en ce que le dépôt de la première zone (46) de métallisation sur la région dopée (44.1) du premier type de conductivité se fait avant ou après l'étape de gravure de la fenêtre (45).

10

18. Procédé selon l'une des revendications 13 à 17, caractérisé en ce que la gravure de la couche dopée (44) du premier type de conductivité attaque le substrat (40) semi-conducteur.

15

19. Procédé selon l'une des revendications 13 à 18, caractérisé en ce que l'étape de dépôt de la seconde zone (51) de métallisation précède celle de dopage du substrat (40) conduisant à la région dopée (50) du second type de conductivité, le matériau de la seconde zone (51) de métallisation étant recuit de manière à diffuser dans le substrat au niveau de la première ouverture (48).

20  
25

20. Procédé selon l'une des revendications 13 à 19, caractérisé en ce que le substrat (40) comporte un empilement avec une couche fragilisée (41) et une couche mince (43), la couche fragilisée étant en profondeur, la face principale (40.2) du substrat sur laquelle la couche dopée (44) du premier type de

30

conductivité est déposée étant une face de la couche mince.

21. Procédé selon la revendication 20,  
5 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de fixation de la seconde zone (51) de métallisation sur un support (52) électriquement isolant.

22. Procédé selon la revendication 21,  
10 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de dissociation de la couche mince (43) du substrat au niveau de la couche fragilisée (41).

23. Procédé selon la revendication 22,  
15 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de protection et de passivation de la couche mince (43) du côté où elle a été dissociée.

24. Procédé selon l'une des revendications  
20 13 à 23, caractérisé en ce que l'étape de gravure de la première ouverture (48) inclut la gravure d'une seconde ouverture (49) au niveau de la première zone (46) de métallisation mettant à nu une plage de métallisation (46.1) dont est dotée la première zone (46) de  
25 métallisation.

25. Procédé selon la revendication 24,  
caractérisé en ce que l'étape de dépôt de la seconde zone (51) de métallisation épargne la seconde ouverture  
30 (49).



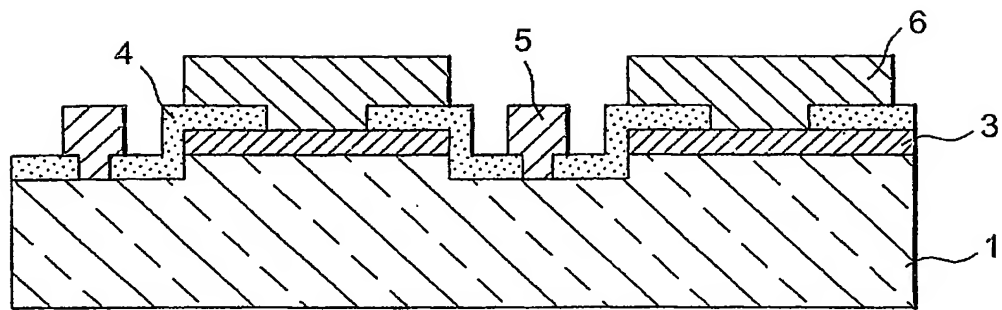


FIG. 1A

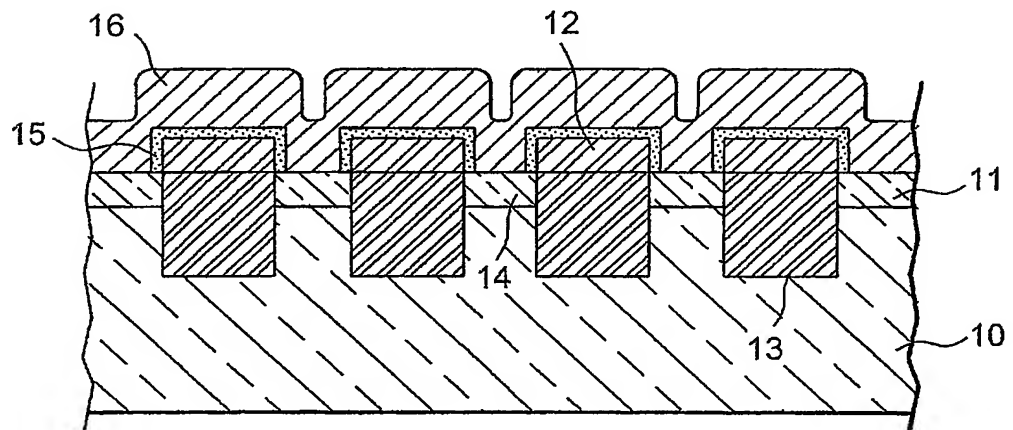


FIG. 1B

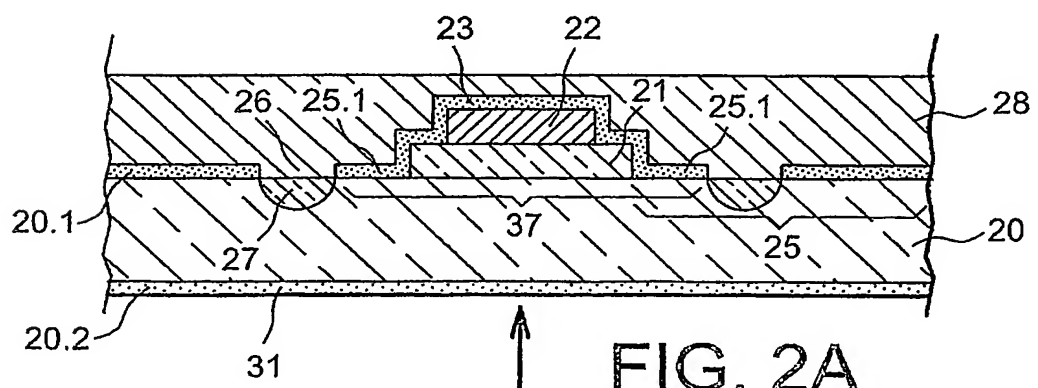


FIG. 2A

2 / 6

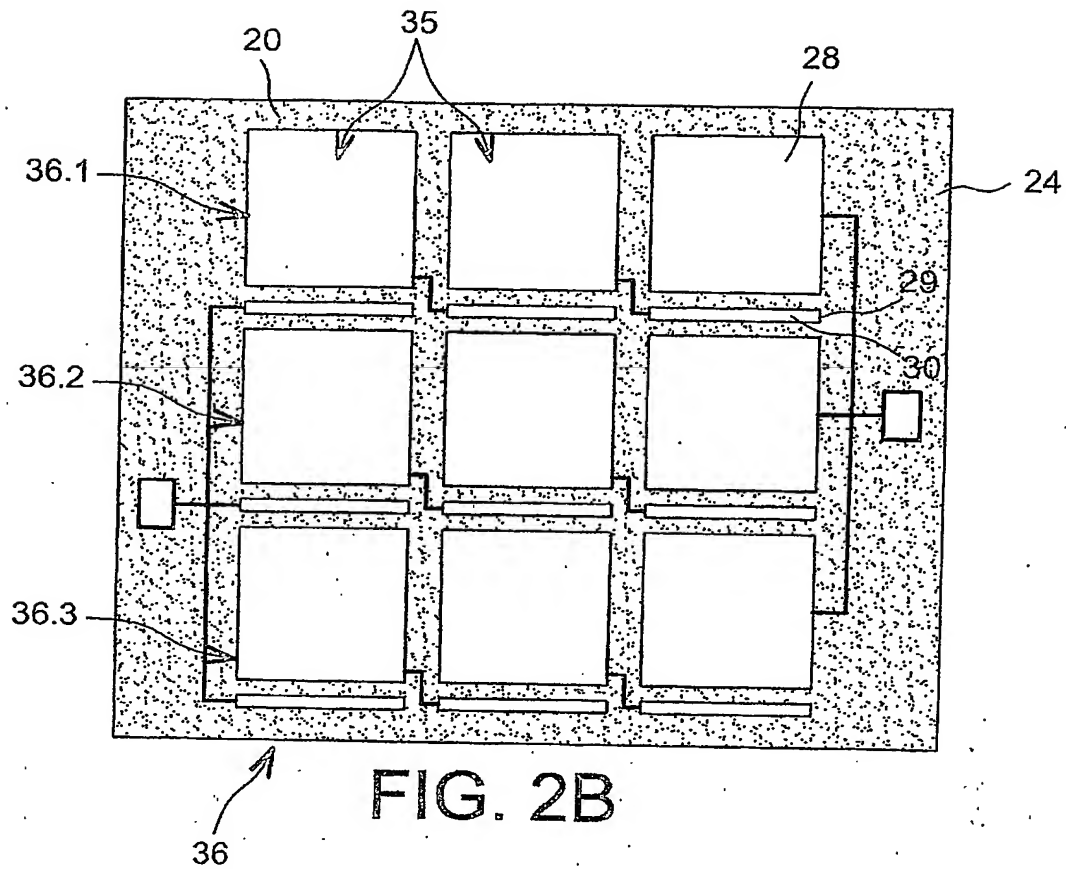


FIG. 3

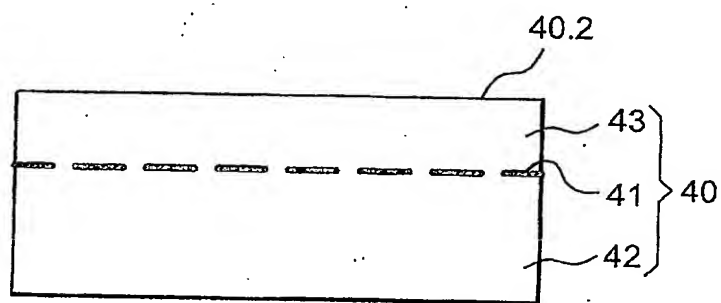
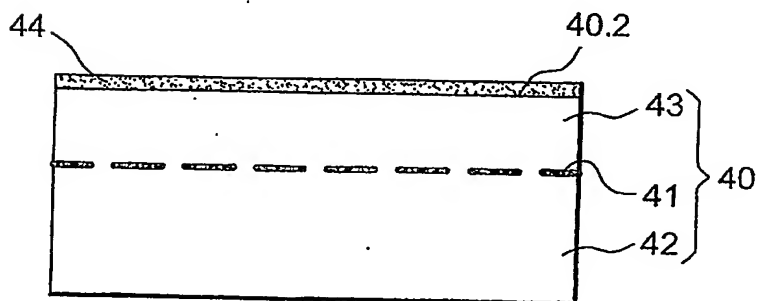


FIG. 4A



3 / 6

FIG. 4B

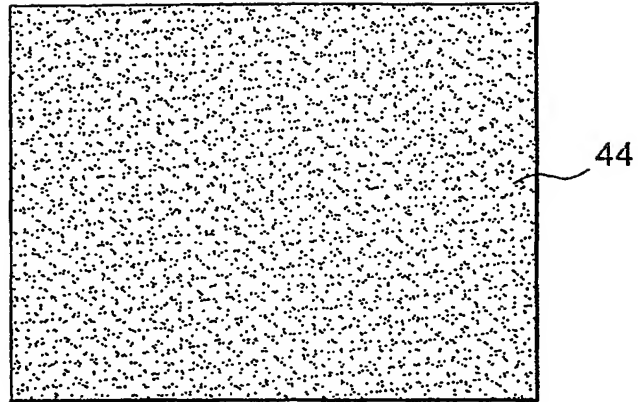


FIG. 5A

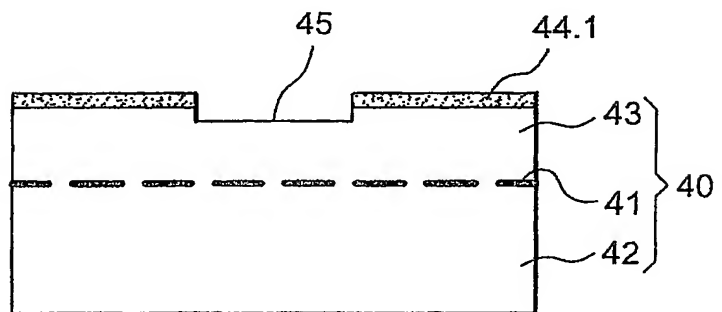
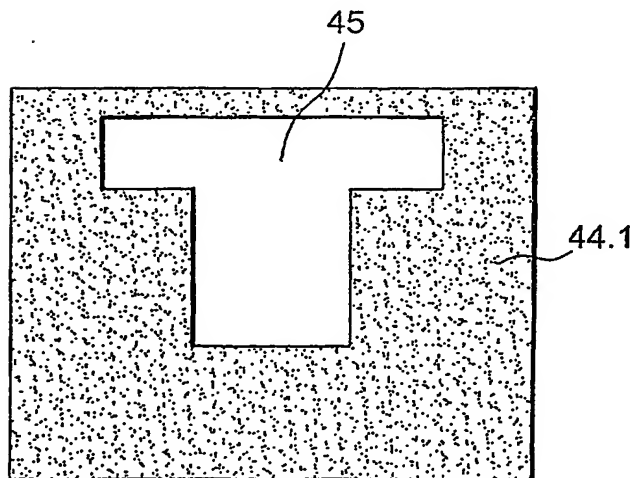


FIG. 5B



4 / 6

FIG. 6A

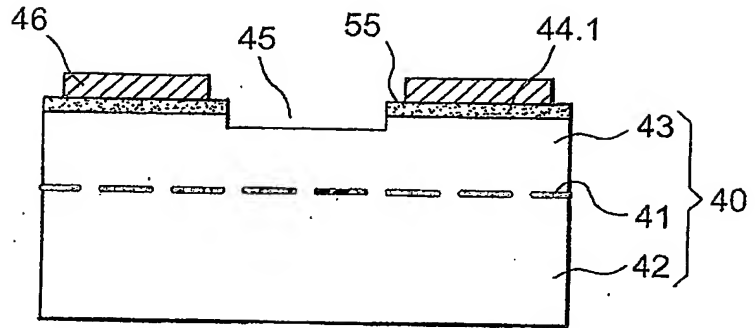


FIG. 6B

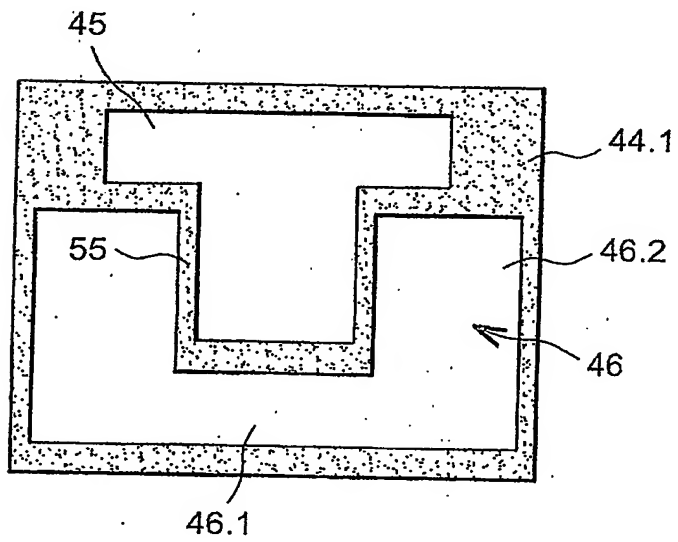
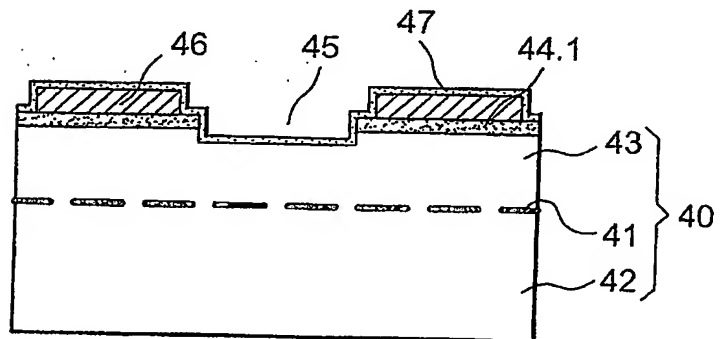


FIG. 7A



5 / 6

FIG. 7B

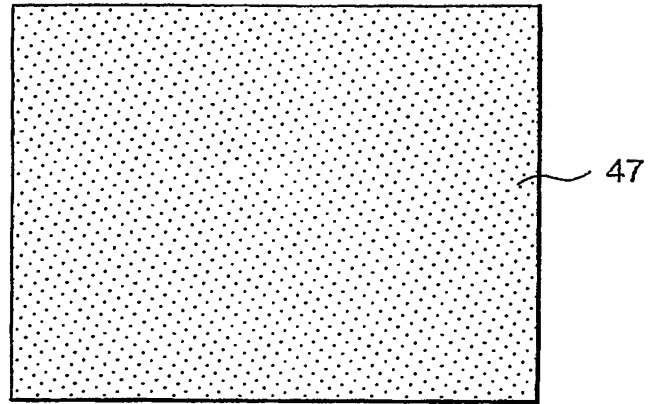


FIG. 8A

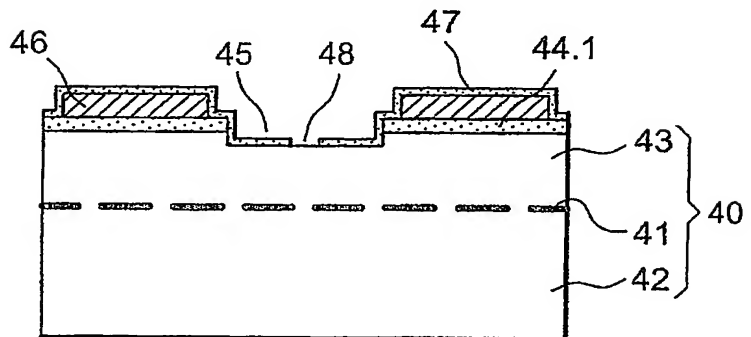
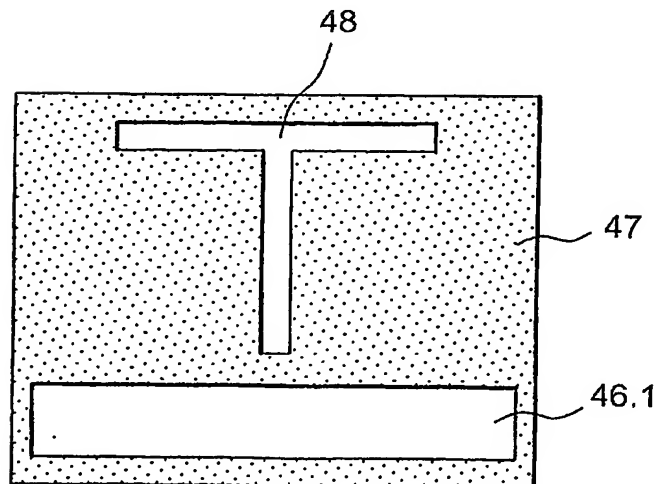


FIG. 8B



6 / 6

FIG. 9A

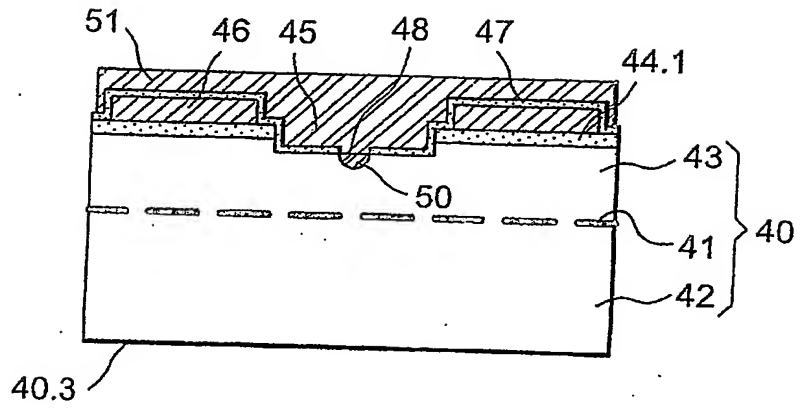


FIG. 9B

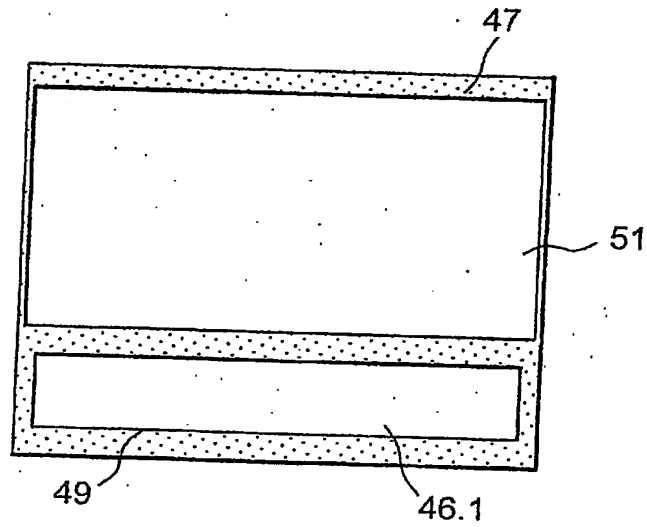
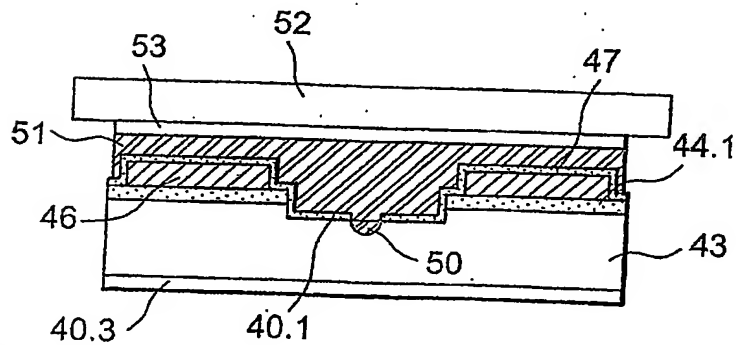


FIG. 10



**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITE****Désignation de l'inventeur**

<b>Vos références pour ce dossier</b>	B14284.3CS DD2458
<b>N°D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>	
<b>TITRE DE L'INVENTION</b>	
	PROCEDE DE REALISATION D'UN DISPOSITIF SEMI-CONDUCTEUR A METALLISATIONS AUTO-ALIGNEES
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):</b>	
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):</b>	
<b>Inventeur 1</b>	
Nom	RIBEYRON
Prénoms	Pierre-Jean
Rue	117, rue Alphonse Daudet
Code postal et ville	38920 GROLLES - FRANCE
Société d'appartenance	
<b>Inventeur 2</b>	
Nom	PIROT
Prénoms	Marc
Rue	Le Bourg
Code postal et ville	38450 MIRIBEL-LANCHATRE - FRANCE
Société d'appartenance	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**Signé par**

Signataire: FR, Brevatome, J.Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

**Fonction**

Mandataire agréé (Mandataire 1)